ESTUDIO DEFINITIVO DE MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA RUTA 10: TRAMO HUAMACHUCO-PUENTE PALLAR-JUANJUI. SECTOR: HUAMACHUCO-SACSACOCHA-PUENTE PALLAR

ENSAYO GEOFISICO: REFRACCIÓN SÍSMICA: NTP 339.157:2001.

1.0. Introducción

1.1. Antecedentes

El Consorcio MOTLIMA-ELI CORDOVA Solicito la ejecución de un programa de investigaciones geofísicas que se llevaría a cabo en el **"Mejoramiento de la Carretera Ruta 10: Tramo Huamachuco-Puente Pallar-Juanjui. Sector: Huamachuco - Sacsacocha - Puente Pallar".** Ubicado en el Departamento de la Libertad, Provincia de Huamachuco, con el fin de establecer y determinar la estructura de los materiales constituyentes del suelo de fundación de los sectores investigados y en base a lo cual (en función al alcance del método y resolución) se planteen las estructuras necesarias para él proyecto, así mismo el método de Refracción Sísmica, sirve como elemento y criterio básico en la elaboración del diseño final de la cimentación, así como en la proyección de Obras de contención, lo cual debe ser verificado y corregido mediante los métodos de prospección directos (perforaciones, calicatas, etc.).

Los trabajos de campo fueron desarrollados entre los días 21 y 23 de Diciembre del presente, por personal técnico de nuestra empresa, **GEOPERSIS SRL.** Habiéndose obtenido los registros de ondas de llegada, cuyos resultados se reportan en el Anexo del presente Informe final. El conjunto de las investigaciones efectuadas se presentan en el N° 01.

1.2 Objetivo del Estudio

Los objetivos principales de las Investigaciones Geofísicas mediante el método de Refracción Sísmica, fueron los siguientes:

- Determinación de las velocidades compresionales de ondas P.
- Establecer los perfiles estratigráficos de los materiales de fundación, en función a sus velocidades de propagación de Ondas y/o sus características dinámicas, cuyas profundidades de investigación alcanzaron (un espesor que llega a 25.00m.), según el objetivo específico de cada línea geosismicas.
- Determinar el espesor de cada uno de los estratos, constituyentes de los materiales de fundación, a partir del principio de la velocidad de ondas.

Este ensayo se encuentra normalizada de acuerdo a la Norma Técnica Peruana **NTP 339.157:2001,** en la Guía Normalizada para el uso del Método de Refracción Sísmica en las Investigaciones del Subsuelo.

2.0 Descripción del Principio y Metodo

2.1. Principio del Método de Refracción Sísmica

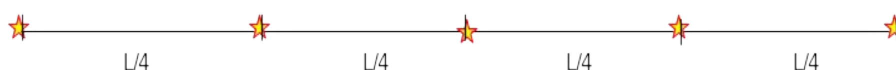
El principio de la prospección sísmica es básicamente generar ondas acústicas (ondas P) mediante iterativos golpes de una comba sobre una placa metálica (fuente), esta acción genera frentes de onda que viajan a diferentes velocidades en el medio geológico, debido a las características de la masa y/o medio, desde la fuente de energía (el punto donde se aplica el golpe constituye la fuente) hasta los sensores (geófonos). En esas interfaces, ocurre un proceso de partición de la energía, por lo cual una porción de la energía continúa su propagación hacia el interior de la tierra, mientras que la otra porción regresa a la superficie, donde es registrada por dispositivos detectores (geófonos con una frecuencia de 14,0 Hertz).

Este principio se basa en que a mayor profundidad, la velocidad de transmisión en el medio aumenta debido a la compactación del suelo y su composición.

Las ondas generadas por los impactos ó golpes, arriban a los geófonos, después de un tiempo "t" y dependen también de la distancia "d", al martillo, y tanto de la elasticidad, como de la densidad del medio.

Esquema: Tendido Sísmico Característico y Disposición de los Puntos de Tiro

"Shot Points".



Los arribos de las ondas producen vibraciones que son registrados en cada uno de los geófonos y estos son amplificadas por el sismógrafo y visualizados en la pantalla de una laptop. ***El Esquema*** nos muestra un sismograma o vibración del terreno debido a la generación de ondas mediante impactos, recepcionado en cada geófono.

Todas las formas de análisis manejan criterios que utilizan la suposición de la Ley de Snell en cuanto a la reflexión y refracción de las ondas **“P”**. De los espesores y las velocidades de propagación de ondas **“P”** obtenidas, las características geotécnicas pueden ser correlacionadas a la compacidad y densidad, esto puede llevar a evaluaciones erróneas ante la presencia de niveles freáticos, los cuales pueden ser investigados específicamente con la refracción.

Las ondas que se generan son las de tipo **“P”** y “**S”** las más usadas en los estudios de ingeniería geotécnica, las ondas **“Vp”** y **“Vs”**, se producen mediante explosivos, fuente martillo semi-hidráulico, peso dejado caer, y de manera usual con un martillo y/o comba.

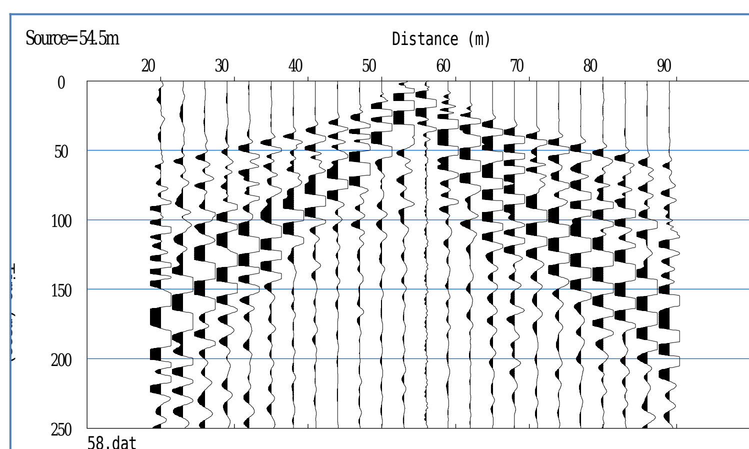


Figura mostrando un Sismograma de un tendido sísmico de 24 canales, el disparo se ha efectuado entre los geófonos 12 y 13, generándose una línea de 75 m.

3.0 Equipo Utilizado

3.1 Generalidades

En la obtención de los sismogramas se ha empleado un sismógrafo de última generación modelo GEODE, fabricado por la Empresa GEOMETRICS, el cual cuenta con 24 canales de registro de ondas de llegada, y de 16 bits de resolución, el cual es mostrado en la Foto Nº 01, complementan el sistema, 25 geófonos de 14.0 Hertz, (empleados en el ensayo de Refracción Sismica), cables sísmicos y cables de sincronización con la generación de la onda.



Foto Nº 01, Vista donde se aprecia las características del equipo de última generación **GEODE,** fabricado por la Empresa **Geometrics**, utilizado en la obtención de los registros sísmicos, en plena adquisición de datos, efectuando el ensayo de Refracción Sísmica.

3.2 Características del Equipo utilizado

El equipo utilizado para realizar el trabajo de Prospección Sísmica **GEODE,** es un sismógrafo de última generación que posee un sistema de adquisición de datos que es almacenada y procesada por una computadora; este equipo tiene las siguientes características técnicas:

Cuadro Nº 2
Características del Equipo de Refracción Sísmica

Características	Valor nominal
Modelo	GEODE
Nº de Canales	24
Resistencia de Salida	> 600 homios
Rango de Frecuencia	10 - 400 Hz
Filtro de Frecuencias	10, 15, 25, 35, 50, 70, 100, 140, 200, 280, 400, 500, 1000 Hz.
Ganancia	De par 24 o 36 db.
Intervalo de Muestra	0.02, 0.3125, 0.0625, 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, 16 ms.
Tiempo de Retardo de Registro	0-999 ms. en pasos de 1 ms.
Tiempo de Pre arranque	90% duración general
Sistema de Mando	Computadora IBM AT-80386sx
Tensión de Alimentación	12 V
Potencia de Consumo	26 W



Foto Nº 02, Se aprecia los componentes fundamentales empleados en los ensayos de Refracción Sísmica, Sismógrafo modelo Geode de 24 canales y Lap Top.

4.0 Procedimientos de Trabajo de Campo

La ubicación de las líneas geosismicas para la elaboración del estudio de Refracción Sísmica, se realizaron en las zonas de emplazamiento de los sectores de emplazamiento de estructuras solicitados y establecidos por **El Consorcio MOTLIMA-ELI CORDOVA,** en el área de ubicación del Sector Crítico y los Pontones Proyectados, donde probablemente se efectuaran las excavaciones con fines de cimentación de la subestructura a proyectar. En el siguiente cuadro, se resume toda la investigación realizada:

4.1 Sectores con Levantamiento Geosismico: Refracción Sísmica.

Los sectores donde se han efectuado las líneas geosísmicas, se establecen en el siguiente cuadro:

Cuadro Nº 01

Líneas de Refracción Sísmica en Sector Inestable, Puentes y Pontones Proyectados

ESTRUCTURA	METODO	LINEA DE REFRACCION	CODIGO	LONGITUD (m)
PONTON SHIRANMACA	REFRACCION SISMICA.	Línea LS – 01	P: H – S - PP - LS.01	75.00
		Línea LS – 02	P: H – S - PP - LS.02	75.00
		Línea LS – 03	P: H – S - PP - LS.03	75.00
		Línea LS –	P: H – S - PP -	75.00

		04	LS.04	
		Línea LS – 05	P: H – S - PP - LS.05	75.00
		Línea LS – 06	P: H – S - PP - LS.06	75.00
PONTON POTRERILLO	REFRACCION SISMICA.	Línea LS – 01	P: H – S - PP - LS.01	75.00
		Línea LS – 02	P: H – S - PP - LS.02	75.00
		Línea LS – 03	P: H – S - PP - LS.03	75.00
		Línea LS – 04	P: H – S - PP - LS.04	75.00
		Línea LS – 05	P: H – S - PP - LS.05	75.00
		Línea LS – 06	P: H – S - PP - LS.06	75.00
PONTON ANAMUELLE	REFRACCION SISMICA.	Línea LS – 01	P: H – S - PP - LS.01	75.00
		Línea LS – 02	P: H – S - PP - LS.02	75.00
		Línea LS – 03	P: H – S - PP - LS.03	75.00
		Línea LS – 04	P: H – S - PP - LS.04	75.00
		Línea LS – 05	P: H – S - PP - LS.05	75.00
		Línea LS – 06	P: H – S - PP - LS.06	75.00
SECTOR CRITICO	REFRACCION SISMICA.	Línea LS – 01	P: H – S - PP - LS.01	75.00
		Línea LS – 02	P: H – S - PP - LS.02	75.00
LONGITUD TOTAL				1500.00

Para producir la onda sísmica se utilizó una comba de 25 libras. Los registros de ondas de llegada fue tomada mediante Geófonos de 14.0 Hz.

Las longitudes de las secciones geosismicas, corresponden a las distancias medidas
con los cables Geofísicos que siguen el relieve del terreno, los cuales en su conjunto
fueron de posición horizontal para el relevamiento de las Ondas “P”.

Las secciones geosismicas, se implementaron de acuerdo a las indicaciones, de la empresa contratante, siendo codificadas como sigue: Línea Sísmica de Refracción LS – 01 a LS – 06, para

Cada uno de los sectores donde se emplazara los Estribos de los Puentes y Pontones Proyectados, en función ó en base a los planos proporcionado por **El Consorcio MOTLIMA-ELI CORDOVA** así mismo a través de la supervisión en campo.

La distribución de las referidas secciones se puede visualizar en los planos del anexo codificados como P: H – S- PP - 001, al P: H – S- PP - 004, con la ubicación de las líneas de Refracción Sísmicas efectuadas. Así mismo las secciones geosismicas ó perfil sección geosísmicos de cada línea, los cuales se presentan en el anexo,

Es de reiterar que la empresa contratante proporciono los planos topográficos del área de emplazamiento de los pontones así como del sector inestable ó critico establecidos para el proyecto.

4.2. Método de Ensayo de Refracción Sísmica

El ensayo de Refracción Sísmica consistió en la medición de los tiempos de viaje de las ondas compresionales (Ondas P) generadas por un golpe de impacto producidas por una comba de 25 Libras; los impactos fueron localizados a distancias adecuadas el función a la longitud de la línea de acuerdo al gráfico adjunto, a lo largo de un eje sobre la superficie del suelo.

La energía fue detectada, amplificada y registrada de tal manera que se pueda determinar el tiempo de arribo en cada punto de recepción de la onda, a través de los sensores **“geófonos”.**

El inicio de la grabación fue dado a partir de un dispositivo o SWITCH que nos da el tiempo cero para evaluar el tiempo de recorrido.

Estos datos de tiempo y distancia, son usados para cada caso especial, una variación del Punto de Disparo (o aplicación de la energía), nos permite evaluar las velocidades de propagación de ondas “P”, a través de los diferentes estratos, cuya estructura, geometría y continuidad son investigadas. Se utilizó el método de “Delete Time” para el análisis de los resultados.

Todas las formas de análisis manejan criterios que utilizan la suposición de la Ley de Snell, en cuanto a la reflexión y refracción de las ondas “P”. De los espesores y las velocidades de propagación de ondas “P” obtenidas, las características geotécnicas pueden ser correlacionadas con la compacidad y densidad de los materiales, esto puede llevar a evaluaciones con ciertos márgenes de error, ante la presencia de niveles freáticos, los cuales pueden

ser investigados específicamente mediante las metodologías aplicadas con sondajes eléctricos verticales (SEV's), lo cual específicamente es para determinar aguas subterráneas.

En el presente trabajo se utilizó la Estación Portátil de Prospección Sísmica de última generación **GEODE**, fabricado por la empresa **Geometrics INC**, el cual contiene 24 canales de registro y sus accesorios los cuales constan entre otros de cables con espaciamiento de hasta 10.0m., es de mencionar que el espaciamiento empleado en el presente trabajo fue de 3.00 m., (de acuerdo a lo solicitado por la empresa contratante "Términos de Referencia"), entre geófonos magnéticos y una computadora portátil para almacenar los registros. La distribución de los Puntos de Disparo ó Tiro, fueron 05 y se realizó de la siguiente manera.

Gráfico de distribución de Puntos de Tiro "Shot Point"



5.0. Procesamiento é Interpretación de Datos y Secciones Geo - Sismicas.

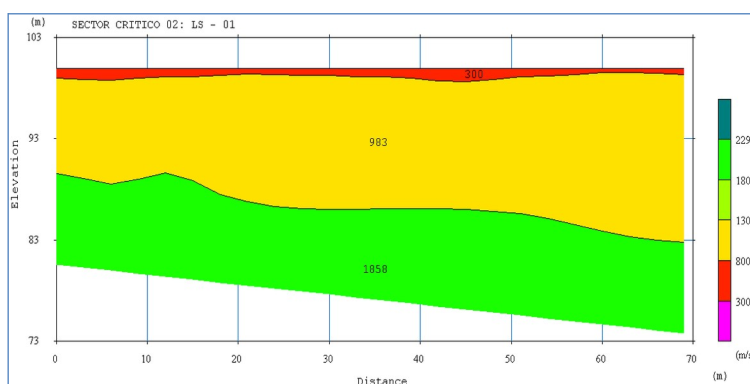
5.1. Generalidades

Para realizar la interpretación de los perfiles sísmicos se usó como ayuda el grupo de programas de Refracción Sísmica SeisImager, de La Empresa

Geometrics. Este software permite realizar las lecturas de los sismogramas, mediante la conversión a un archivo SU, para luego iniciar el procesamiento de la información, produciendo un modelo de profundidad desde el archivo de datos de entrada preparado por el programa anteriormente descrito; así mismo el programa calcula las velocidades de los estratos mediante técnicas de mínimos cuadrados, luego usa el método de tiempo de retardo para estimar las profundidades, el programa ajusta las profundidades de cada estrato por efecto de la superficie topográfica; este proceso se hace en forma iterativa hasta encontrar el modelo que se ajuste a las características geológicas del terreno investigado.

5.2. Perfiles Geo - Sísmicos obtenidos Refracción Sísmica.

La evaluación de la **Refracción Sísmica** ha consistido en graficar líneas de la superficie basándose en la topografía superficial, indicando los puntos de localización de geófonos y los puntos de impacto.



Para cada una de las líneas sísmicas se ha establecido perfiles estratigráficos con valores de velocidad de propagación de ondas longitudinales (ondas P), basándose en las dromocrónicas calculadas de los tiempos de llegada de las ondas.

5.3. Resultados del Ensayo de Refracción Sísmica en los Pontones, y Sector Crítico, evaluados.

La metodología empleada para la interpretación de las secciones sísmicas asume inicialmente en construir secciones dromocrónicas y en función a estas determinar pendientes. Definidas las pendientes de cada línea sísmica se procesan estos datos con el software de interpretación Plotrefa y calculamos las velocidades sísmicas, cuyo principio se basa que la velocidad se incrementa con la profundidad y que éstas se mantienen constantes para cada capa, no presentándose variabilidad hasta alcanzar un estrato inferior.

A continuación se presenta los resultados del Ensayo de Refracción Sísmica, representada por las secciones geo - sísmicas de cada línea sísmica analizada en el proyecto vial de la Carretera: Huamachuco – Sausacocha – Puente Pallar, ubicado en el departamento de La Libertad, en el área de emplazamiento del Sector Inestable y los Pontones Proyectados.

Línea de Refracción, (L.S. - 01).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Shiranmaca

Línea De Refracción	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 01	**01**	**344.00**	**0.67 - 1.87**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	**743.00**	**3.55 - 4.43**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**2338.00**	**19.3 - 20.08**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 740m/s.
En la lámina L.S. - 01, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 02).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Shiranmaca

Línea De Refracción	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 02	**01**	**300.00**	**0.29 - 0.80**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	**993.00**	**4.15 - 6.75**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza

				sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**2000.00**	**17.96 - 20.26**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 990m/s.
En la lámina L.S. - 02, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 03).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Shiranmaca

Línea De Refracción	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 03	**01**	**300.00**	**0.00 - 0.65**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	**1011.00**	**3.58 - 5.70**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**2000.00**	**18.83 - 21.40**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 1000m/s.
En la lámina L.S. - 03, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 04).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Shiranmaca

Línea De Refracción	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 04	**01**	**300.00**	**0.00 - 0.86**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.

	02	**877.00**	**2.16 - 4.07**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**2000.00**	**20.11 - 22.81**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 870m/s.
En la lámina L.S. - 04, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 05).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Shiranmaca

Línea De Refracción	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 05	**01**	**300.00**	**0.00 - 0.26**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	**999.00**	**0.32 - 3.72**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**1905.00**	**21.02 - 24.67**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada a muy compacta, depósitos aluviales de mediana porosidad ò en su defecto (algo probable) rocas compactas de

				naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 990m/s.
En la lámina L.S. - 05, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. – 06)
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Shiranmaca

Línea De Refracción	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 06	**01**	**300.00**	**0.10 - 1.18**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	**936.00**	**2.73 - 5.13**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**2009.00**	**18.76 - 22.11**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 930m/s.
En la lámina L.S. - 06, se presenta esta sección geosismica.

5.3.1. Conclusiones

Los resultados de los perfiles sísmicos de refracción obtenidos. En el sector del Pontón Shiranmaca, han sido expresados en las secciones geosismicas, del Anexo Perfiles Geosismicos de las lamina numerada GF – 01 a GF – 06, que se ilustra en el presente informe, en estas el subsuelo se ha diferenciado según las

velocidades de las ondas elásticas longitudinales Vp, mediante una escala de colores, cuyos valores es posible visualizar.

Mediante el método de Refracción Sísmica se ha demarcado dos límites existentes, el estrato superior que varia de 300 a 344m/s, en el estrato intermedio se ha obtenido velocidades entre los 743 a 1011m/s, y el Inferior caracterizados por valores que alcanzaron velocidades entre los 1905 y los 2338m/s.

Estratos	Línea 01 Vp (m/s)	Línea 02 Vp (m/s)	Línea 03 Vp (m/s)	Línea 04 Vp (m/s)	Línea 05 Vp (m/s)	Línea 06 Vp (m/s)
01	344.00	300.00	300.00	300.00	300.00	300.00
02	743.00	993.00	1011.00	877.00	999.00	936.00
03	2338.00	2000.00	2000.00	2000.00	1905.00	2009.00

El espesor de los estratos se presenta casi constante obteniéndose en el primer estrato entre los 0.00m, y 0.80m, llegando en algunos casos a 1.87m, el segundo estrato varia de 0.32m, y 6.75m, finalmente el tercer estrato presenta un espesor entre los 17.96m a 24.67m.

Estratos	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)
01	0.67 - 1.87	0.29 - 0.80	0.00 - 0.65	0.00 - 0.86	0.00 - 0.26	0.10 - 1.18
02	3.55 - 4.43	4.15 - 6.75	3.58 - 5.70	2.16 - 4.07	0.32 - 3.72	2.73 - 5.13
03	19.3 - 20.08	17.96 - 20.26	18.83 - 21.40	20.11 - 22.81	21.02 - 24.67	18.76 - 22.11

Con los límites mencionados los materiales en profundidad se han subdividido en las siguientes secuencias de estratos principales:

- La Capa Superior, con velocidades de las ondas longitudinales, Vp bajas, de 300 a 344m/s, que estaría constituida por depósitos de naturaleza antropica (afirmado) cuya compacidad es baja a moderada, de permeabilidad moderada a alta. La gran parte de este estrato sobreyace a suelos gravosos, presentando materiales de baja a moderada resistencia, por tanto con fines de cimentación en función a la velocidad de onda obtenida se debe eliminar este estrato, dado que por sus velocidades no sería posible que soporte algún tipo de cimentación.

- Estrato Intermedio, con velocidades de las ondas longitudinales, Vp moderadas, entre los 743 a 1011m/s, de compacidad semi compacta, que estaría constituida por depósitos de naturaleza aluvial (posiblemente gravas con matriz de limos y arenas sueltas a medianamente compactas) presenta superficies onduladas a plana, debido a la velocidad de onda obtenido se

puede considerar este estrato como posible nivel de cimentación, sin embargo debe efectuarse los cálculos correspondientes.

- La Capa Inferior, presenta velocidades “Vp”, que oscilarían entre los 1905 y los 2338m/s. que correspondería posiblemente a depósitos aluviales compactos a muy compactos, con moderada a elevada densidad y similar compactación, de permeabilidad moderada a baja, o en su defecto rocas de naturaleza sedimentaria. La gran parte de esta capa contribuye a la conformación en profundidad de superficies onduladas a planas. debido a la velocidad de onda obtenida este estrato seria el nivel de cimentación, más idóneo debiendo efectuarse la verificación de los cálculos correspondientes.



Foto Nº 02, Vista donde se aprecia el desarrollo de las Línea Sísmica, LS – 01, ubicado sobre el estribo derecho Pontón Shiranmaca, donde se ha proyectado el pontón del mismo nombre, para la obtención de los registros sísmicos, efectuando el ensayo de Refracción Sísmica.

5.3.3. Secciones Geosísmicas de los Estratos.

En la lámina donde se representa la sección geosismica, se puede interpretar lo siguiente:

- La capa de velocidad moderada de las ondas elásticas “Vp”, de 300 a 344m/s, presenta alta a moderada permeabilidad y baja compactación, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 0.00m y los 1.87m, el grosor de esta capa constituyen los niveles inferiores de materiales que en cierto modo deberían ser removidos para a partir de este nivel en los casos particulares proyectar los niveles de cimentación de los estribos del pontón proyectado, lo cual puede ser establecido en función al diseño adecuado de los cimientos proyectados.

- La capa de velocidad de ondas elásticas "Vp" intermedia hasta 1011m/s, presenta moderada a baja permeabilidad y moderada compacidad, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 0.32m y los 6.75m,
- La capa de velocidad de ondas elásticas "Vp" elevada hasta 2338m/s, presenta baja permeabilidad y alta compacidad, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 17.96m y los 24.67m,

- El estrato ó el techo del basamento relativamente conservado presenta un relieve horizontal a sub horizontal con aparentes estructuras onduladas que posiblemente definen superficies de terrazas ó aparentes niveles de meteorización ó alteración de rocas sedimentarias específicamente en el caso del área de proyección del pontón.

Línea de Refracción, (L.S. - 01).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Potrerillo

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 01	01	300.00	0.10 - 1.27	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados "relleno" de moderada a baja porosidad.
	02	811.00	1.96 - 3.50	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos coluviales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	2312.00	20.59 - 22.95	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 800m/s.
En la lámina L.S. - 01, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 02).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Potrerillo

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 02	01	1000.00	0.10 - 1.44	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques,

				de compacidad moderada a media, depósitos coluviales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	02	**2300.00**	**23.55 - 24.91**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron dos estratos de espesor variable siendo posible considerar el primer estrato con velocidades superiores a 1000m/s.
En la lámina L.S. - 02, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 03).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Puente Potrerillo

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 03	**01**	**900.00**	**0.14 - 2.95**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos coluviales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	02	**2239.00**	**21.95 - 24.83**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron dos estratos de espesor variable siendo posible considerar el primer estrato con velocidades superiores a 900m/s.
En la lámina L.S. - 03, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 04).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Potrerillo

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 04	**01**	**300.00**	**0.00 - 0.47**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	**954.00**	**1.67 - 4.46**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos coluviales de baja a

				moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**2000.00**	**20.15 - 23.31**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 950m/s.
En la lámina L.S. - 04, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 05).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Puente Potrerillo

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 05	**01**	**300.00**	**0.23 - 1.14**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	**807.00**	**2.76 - 5.12**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos coluviales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**2000.00**	**18.90 - 22.01**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 800m/s.

En la lámina L.S. - 05, se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. – 06)
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Puente Potrerillo

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 06	01	300.00	0.00 - 0.38	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	913.00	1.89 - 3.90	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos coluviales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	2075.00	20.80 - 23.07	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 910m/s.
En la lámina L.S. - 06, se presenta esta sección geosismica.

5.3.1. Conclusiones

Los resultados de los perfiles sísmicos de refracción obtenidos. En el sector del Pontón Potrerillo, han sido expresados en las secciones geosismicas, del Anexo Perfiles Geosismicos de las laminas numeradas GF – 01 a GF – 06, que se ilustra en el presente informe, en estas el subsuelo se ha diferenciado según las velocidades de las ondas elásticas longitudinales Vp, mediante una escala de colores, cuyos valores es posible visualizar.

Mediante el método de Refracción Sísmica se ha demarcado dos límites existentes, el estrato superior que presenta velocidades de 300m/s, en el estrato intermedio

se ha obtenido velocidades entre los 807 a 1000m/s, y el Inferior caracterizados por valores que alcanzaron velocidades entre los 2000 y los 2312m/s.

Estratos	Línea 01 Vp (m/s)	Línea 02 Vp (m/s)	Línea 03 Vp (m/s)	Línea 04 Vp (m/s)	Línea 05 Vp (m/s)	Línea 06 Vp (m/s)
01	300.00			300.00	300.00	300.00
02	811.00	1000.00	900.00	954.00	807.00	913.00
03	2312.00	2300.00	2239.00	2000.00	2000.00	2075.00

El espesor de los estratos se presenta casi constante obteniéndose en el primer estrato entre los 0.00m, y 0.47m, llegando en algunos casos a 1.27m, el segundo estrato varia de 0.10m, y 5.12m, finalmente el tercer estrato presenta un espesor entre los 18.90 a 24.91m.

Estratos	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)
01	0.10 - 1.27			0.00 - 0.47	0.23 - 1.14	0.00 - 0.38
02	1.96 - 3.50	0.10 - 1.44	0.14 - 2.95	1.67 - 4.46	2.76 - 5.12	1.89 - 3.90
03	20.59 - 22.95	23.55 - 24.91	21.95 - 24.83	20.15 - 23.31	18.90 - 22.01	20.80 - 23.07

Con el límite mencionado los materiales en profundidad se han subdividido en las siguientes secuencias de estratos principales:

- La Capa Superior, con velocidades de las ondas longitudinales, Vp bajas de 300.00 m/s, que estaría constituida por depósitos de naturaleza antropica (afirmado) cuya compacidad presente es baja, de permeabilidad alta. La gran parte de este estrato sobreyace a suelos gravosos, presentando materiales de baja resistencia, por tanto con fines de cimentación en función a la velocidad de onda obtenida no se puede considerar este estrato como posible nivel de cimentación, debiendo ser retirado.

- Estrato Intermedio, con velocidades de las ondas longitudinales, Vp moderadas, entre los 807 a 1000m/s, de compacidad semi compacta, que estaría constituida por depósitos de naturaleza coluvial (gravas sustentadas en limos y arenas medianamente compactas) presenta superficies onduladas a plana, debido a la velocidad de onda obtenido se puede considerar este estrato como posible nivel de cimentación, sin embargo debe efectuarse los cálculos correspondientes.
- La Capa Inferior, presenta velocidades “Vp”, que oscilarían entre los 2000 y los 2312m/s. que correspondería posiblemente a depósitos aluviales compactos a muy compactos, con moderada a elevada densidad y similar

compactación, de permeabilidad baja. La gran parte de esta capa contribuye a la conformación en profundidad de superficies onduladas a planas. debido a la velocidad de onda obtenida este estrato seria el nivel de cimentación, más idóneo debiendo efectuarse la verificación de los cálculos correspondientes.



Foto Nº 03, Vista donde se aprecia el desarrollo de las Línea Sísmica, LS – 01, ubicado sobre el estribo izquierdo del pontón Potrerillo, donde se ha proyectado el puente del mismo nombre, para la obtención de los registros sísmicos, efectuando el ensayo de Refracción Sísmica.

5.3.2. Recomendaciones

- Correspondería al estrato superior hasta su nivel de transición al segundo estrato obtenido del ensayo de Refracción Sísmica, en cuyo sector se determina la base de los depósitos de naturaleza antropica de moderada a elevada permeabilidad, de moderada a baja compacidad y densidad baja a moderada.

- El límite inferior reportado, es el de mayor importancia en el proyecto para la construcción de Obras con fines de cimentación, sin embargo no se descarta la posibilidad de cimentar sobre este (segundo) estrato, previo análisis geotécnico, en base a los ensayos especiales que determinen con precisión los valores de resistencia del mencionado nivel de fundación.

- A partir de la superficie del tercer estrato sería capaz de sostener la cimentación de posibles estructuras proyectadas, en el presente proyecto de acuerdo al estudio de Refracción Sísmica para el caso de las áreas (líneas geosismicas), donde aparecen tres estratos se puede visualizar la presencia

de velocidades importantes (superiores a 800m/s) en el segundo estrato, por lo cual es factible cimentar sobre estos estratos moderadamente compactos, a partir de estos niveles de acuerdo a lo establecido en la imagen que reportan los Perfiles, dado que el incremento de la resistencia de este nivel estaría supeditado al diseño de la zapata.

5.3.3. Secciones Geosismicas de los Estratos.

En la lámina donde se representa la sección geosismica, se puede interpretar lo siguiente:

- La capa de velocidad moderada de las ondas elásticas “Vp”, de 300m/s, presenta baja permeabilidad y similar compactación, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 0.00m y los 1.27m, el grosor de esta capa constituye los niveles inferiores de materiales que en cierto modo deberían ser removidos para a partir de este nivel en los casos particulares proyectar los niveles de cimentación de los estribos del Puente proyectado, lo cual puede ser establecido en función al diseño adecuado de los cimientos proyectados.

- La capa de velocidad de ondas elásticas “Vp” intermedia hasta 1000m/s, presenta moderada a baja permeabilidad y alta compacidad, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 0.10m y los 5.12m,

- La capa de velocidad de ondas elásticas “Vp” elevada hasta 2312m/s, presenta baja permeabilidad y alta compacidad, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 18.90m y los 24.91m,

- El estrato ó el techo del basamento relativamente conservado presenta un relieve horizontal a sub horizontal con aparentes estructuras onduladas que posiblemente definen superficies de terrazas ó aparentes niveles de meteorización específicamente en el caso del área de proyección del puente.

Línea de Refracción, (L.S. - 01).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Anamuelle

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 01	01	1025.00	0.60 - 4.50	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	02	2015.00	20.35 - 24.37	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron dos estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 1025m/s.
En la lámina L.S. - 01 se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 02).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Anamuelle

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 02	01	300.00	0.00 - 0.55	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	972.00	1.13 - 3.48	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	2130.00	20.97 - 23.86	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy

				probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron dos estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 970m/s.
En la lámina L.S. - 02 se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 03).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Anamuelle

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 03	**01**	**300.00**	**0.24 - 1.72**	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	**919.00**	**3.72 - 8.31**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**1900.00**	**15.04 - 20.69**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron dos estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 910m/s.
En la lámina L.S. - 03 se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 04).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Anamuelle

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 04	**01**	**1148.00**	**0.36 - 3.60**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media,

				depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	02	**1818.00**	**21.39 - 24.63**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron dos estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 1148m/s.
En la lámina L.S. - 04 se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. - 05).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Anamuelle

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 05	**01**	**1013.00**	**0.78 - 4.46**	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	02	**1800.00**	**20.25 - 24.21**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron dos estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 1013m/s.
En la lámina L.S. - 05 se presenta esta sección geosismica.

Línea de Refracción, (L.S. – 06)

Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Pontón Anamuelle

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 06	01	300.00	0.00 - 1.31	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados “relleno” de moderada a baja porosidad.
	02	800.00	3.22 - 5.23	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	2000.00	18.60 - 21.59	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron dos estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 800m/s.
En la lámina L.S. - 06 se presenta esta sección geosismica

5.3.1. Conclusiones

Los resultados de los perfiles sísmicos de refracción obtenidos. En el sector del pontón Anamuelle, han sido expresados en las secciones geosismicas, del Anexo Perfiles Geosismicos de las laminas numeradas GF – 01 a GF – 06, que se ilustra en el presente informe, en estas el subsuelo se ha diferenciado según las velocidades de las ondas elásticas longitudinales Vp, mediante una escala de colores, cuyos valores es posible visualizar.

Mediante el método de Refracción Sísmica se ha demarcado dos límites existentes, el estrato superior que presenta una velocidad de 300 m/s, en el estrato intermedio

se ha obtenido velocidades entre los 800 a 1148m/s, y el Inferior caracterizados por valores que alcanzaron velocidades entre los 1800 y los 2130m/s.

Estratos	**Línea 01 Vp (m/s)**	**Línea 02 Vp (m/s)**	**Línea 03 Vp (m/s)**	**Línea 04 Vp (m/s)**	**Línea 05 Vp (m/s)**	**Línea 06 Vp (m/s)**
01		300.00	300.00			300.00
02	1025.00	972.00	919.00	1148.00	1013.00	800.00
03	2015.00	2130.00	1900.00	1818.00	1800.00	2000.00

El espesor de los estratos se presenta casi constante obteniéndose en el primer estrato entre los 0.00m, y 1.72m, (llegando en algunos casos), el segundo estrato varia de 0.36m, y 8.31m, finalmente el tercer estrato presenta un espesor entre los 15.04 a 24.63m.

Estratos	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)	Espesor (m)
01		0.00 - 0.55	0.24 - 1.72			0.00 - 1.31
02	0.60 - 4.50	1.13 - 3.48	3.72 - 8.31	0.36 - 3.60	0.78 - 4.46	3.22 - 5.23
03	20.35 - 24.37	20.97 - 23.86	15.04 - 20.69	21.39 - 24.63	20.25 - 24.21	18.60 - 21.59

Con el límite mencionado los materiales en profundidad se han subdividido en las siguientes secuencias de estratos principales:

- La Capa Superior, con velocidades de las ondas longitudinales, Vp bajas de 300m/s, que estaría constituida por depósitos de naturaleza antropica (afirmado) cuya compacidad es baja, de permeabilidad moderada a alta. La gran parte de este estrato sobreyace a suelos gravosos, presentando materiales de baja a moderada resistencia, por tanto con fines de cimentación en función a la velocidad de onda obtenida no se puede considerar este estrato como posible nivel de cimentación.

- Estrato Intermedio, con velocidades de las ondas longitudinales, Vp moderadas, entre los 800 a 1148m/s, de compacidad semi compacta a compacta, que estaría constituida por depósitos de naturaleza aluvional (gravas sustentadas en matriz limo arenosas medianamente compactas) presenta superficies onduladas a plana, debido a la velocidad de onda obtenido se puede considerar este estrato como posible nivel de cimentación, sin embargo debe efectuarse los cálculos correspondientes.

- La Capa Inferior, presenta velocidades “Vp”, que oscilarían entre los 1800 y los 2130m/s. que correspondería a depósitos aluvionales compactos a muy

compactos, con moderada densidad y similar compactación, de permeabilidad moderada a baja (poco probable) siendo más real plantear un modelo considerando una secuencia de rocas sedimentarias. La gran parte de esta capa

Contribuye a la conformación en profundidad de superficies onduladas a planas debido a la velocidad de onda obtenida este estrato seria el nivel de cimentación, más idóneo debiendo efectuarse la verificación de los cálculos correspondientes.



Foto Nº 04, Vista donde se aprecia el desarrollo de las Línea Sísmica, LS – 04, ubicado sobre el estribo del izquierdo del pontón Anamuelle, donde se ha proyectado el pontón del mismo nombre, para la obtención de los registros sísmicos, efectuando el ensayo de Refracción Sísmica.

5.3.2. Recomendaciones

- Correspondería al estrato superior hasta su nivel de transición al segundo estrato obtenido del ensayo de Refracción Sísmica, en cuyo sector se determina la base de los depósitos de naturaleza antropica de moderada a elevada permeabilidad, de baja compacidad y densidad baja.

- El límite inferior reportado, es el de mayor importancia en el proyecto para la construcción de Obras con fines de cimentación, sin embargo no se descarta la posibilidad de cimentar sobre este límite (segundo estrato),

previo análisis geotécnico, en base a los ensayos especiales que determinen con precisión los valores de resistencia del mencionado nivel de fundación.

- A partir de la superficie del tercer estrato sería capaz de sostener la cimentación de posibles estructuras proyectadas, en el presente proyecto de acuerdo al estudio de Refracción Sísmica para el caso de las áreas (líneas geosismicas), donde aparecen tres estratos se puede visualizar la presencia de velocidades importantes (superiores a 800m/s) en el segundo estrato, por lo cual es factible cimentar sobre estos estratos moderadamente compactos, a partir de estos niveles de acuerdo a lo establecido en la imagen que reportan los Perfiles, dado que el incremento de la resistencia de este nivel estaría supeditado al diseño de la zapata.

5.3.3. Secciones Geosísmicas de los Estratos.

En la lámina donde se representa la sección geosismica, se puede interpretar lo siguiente:

- La capa de velocidad baja de las ondas elásticas “Vp”, de 300 m/s, presenta moderada a elevada permeabilidad y baja compactación, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 0.00m y los 1.72m, el menor grosor de esta capa constituyen los niveles inferiores de materiales que en cierto modo deberían ser removidos para a partir de este nivel en los casos particulares proyectar los niveles de cimentación de los estribos del Pontón proyectado, lo cual puede ser establecido en función al diseño adecuado de los cimientos proyectados.

- La capa de velocidad de ondas elásticas “Vp” intermedia hasta 1148m/s, presenta moderada a baja permeabilidad y alta compacidad, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 0.36m y los 8.31m.

- La capa de velocidad de ondas elásticas “Vp” elevada hasta 2130m/s, presenta baja permeabilidad y alta compacidad, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 15.04m y los 24.63m.

- El estrato ó el techo del basamento relativamente conservado presenta un relieve horizontal a sub horizontal con aparentes estructuras onduladas que

posiblemente definen superficies de terrazas ó aparentes niveles de meteorización específicamente en el caso del área de proyección del pontón.

Línea de Refracción, (L.S. - 01).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Sector Crítico 23+300-23+400

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 01	01	396.00	0.10 - 3.16	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados "relleno" de moderada a baja porosidad.
	02	996.00	10.81 - 14.07	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	2000.00	10.53 - 11.51	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 990m/s.
En la lámina L.S. - 01, se presenta esta sección geosismica

Línea de Refracción, (L.S. - 02).
Carretera Huamachuco-Sacsacocha-Puente Pallar: Sector Crítico 23+300-23+400

Línea MASW	Estratos	Vp (m/s)	Espesor (m)	Descripción
LS - 02	01	300.00	0.11 - 1.53	Suelos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas, de compacidad baja, depósitos transportados "relleno" de moderada a baja porosidad.
	02	814.00	11.82 - 15.57	Depósitos gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y bloques, de compacidad moderada a media, depósitos aluvionales de baja a moderada porosidad ò en su defecto poco probable de rocas de naturaleza sedimentaria moderadamente

				meteorizada, de compacidad moderada a compacta.
	03	**2000.00**	**8.61 - 13.07**	Estrato gravo, areno limoso como matriz, sustentando gravas y boleos, de compacidad elevada, depósitos aluviales (poco probable) de mediana porosidad ò en su defecto (muy probable) rocas muy compactas a compactas de naturaleza sedimentaria ligeramente alteradas, macizas.

Nota: Se obtuvieron tres estratos de espesor variable siendo posible considerar el segundo estrato con velocidades superiores a 810m/s.
En la lámina L.S. - 01, se presenta esta sección geosismica

5.3.1. Conclusiones

Los resultados de los perfiles sísmicos de refracción obtenidos. En el sector de Sector Crítico, han sido expresados en las secciones geosismicas, del Anexo Perfiles Geosismicos de las laminas numeradas GF – 01 a GF – 02, que se ilustra en el presente informe, en estas el subsuelo se ha diferenciado según las velocidades de las ondas elásticas longitudinales Vp, mediante una escala de colores, cuyos valores es posible visualizar.

Mediante el método de Refracción Sísmica se ha demarcado dos límites existentes, el estrato superior que varía de 300 a 396m/s, en el estrato intermedio se ha obtenido velocidades entre los 814 a 996m/s, y el Inferior caracterizados por valores que alcanzaron velocidades de 2000m/s.

Estratos	Línea 01 Vp (m/s)	Línea 02 Vp (m/s)
01	396.00	300.00
02	996.00	814.00
03	2000.00	2000.00

El espesor de los estratos se presenta casi constante obteniéndose en el primer estrato entre los 0.10m, y 3.16m, (llegando en algunos casos), el segundo estrato varia de 10.81m, y 15.57m, finalmente el tercer estrato presenta un espesor entre los 8.61 a 13.07m.

Estratos	Espesor (m)	Espesor (m)
01	0.10 - 3.16	0.11 - 1.53
02	10.81 - 14.07	11.82 - 15.57
03	10.53 - 11.51	8.61 - 13.07

Con el límite mencionado los materiales en profundidad se han subdividido en las siguientes secuencias de estratos principales:

- La Capa Superior, con velocidades de las ondas longitudinales, Vp bajas a medias, de 300 a 396m/s, que estaría constituida por depósitos de naturaleza antropica cuya compacidad oscila entre baja a moderada, de permeabilidad moderada a alta. La gran parte de este estrato sobreyace a suelos gravosos, presentando materiales de baja a moderada resistencia, por tanto con fines de cimentación en función a la velocidad de onda obtenida no se puede considerar este estrato como posible nivel de cimentación.

- Estrato Intermedio, con velocidades de las ondas longitudinales, Vp moderadas, entre los 814 a 996m/s, de compacidad semi compacta, que estaría constituida por depósitos de naturaleza aluvial (intercalación de limos y arenas sueltas a medianamente compactas) presenta superficies onduladas a planas, debido a la velocidad de onda obtenido se puede considerar este estrato como posible nivel de cimentación, sin embargo debe efectuarse los cálculos correspondientes.

- La Capa Inferior, presenta velocidades “Vp”, que alcanzaron velocidades de 2000m/s. que correspondería a depósitos aluviales compactos a muy compactos, con moderada densidad y similar compactación, de permeabilidad moderada a baja (poco probable), lo mas real es considerar un modelo con rocas sedimentarias compactas y masivas. La gran parte de esta capa contribuye a la conformación en profundidad de superficies onduladas a planas. debido a la velocidad de onda obtenida este estrato seria el nivel de cimentación, más idóneo debiendo efectuarse la verificación de los cálculos correspondientes.



Foto Nº 05, Vista donde se aprecia el desarrollo de las Línea Sísmica Transversal, LS – 02, ubicado sobre el lado derecho del sector inestable “23+300-23+400”, donde se ha establecido la ejecución de dos líneas geosismicas, para la obtención de los registros sísmicos, efectuando el ensayo de Refracción Sísmica.

5.3.2. Recomenciones

- Correspondería al estrato superior hasta su nivel de transición al segundo estrato obtenido del ensayo de Refracción Sísmica, en cuyo sector se determina la base de los depósitos de naturaleza antropica de moderada a elevada permeabilidad, de baja compacidad y densidad baja.

- El límite inferior reportado, es el de mayor importancia en el proyecto para la construcción de Obras con fines de cimentación, sin embargo no se descarta la posibilidad de cimentar sobre este limite (segundo estrato), previo análisis geotécnico, en base a los ensayos especiales que determinen con precisión los valores de resistencia del mencionado nivel de fundación.

- A partir de la superficie del tercer estrato sería capaz de sostener la cimentación de posibles estructuras proyectadas, en el presente proyecto de acuerdo al estudio de Refracción Sísmica para el caso de las áreas (líneas geosismicas), donde aparecen tres estratos se puede visualizar la presencia de velocidades importantes (superiores a 800m/s) en el segundo estrato, por lo cual es factible cimentar sobre estos estratos moderadamente compactos (previo a las consideraciones indicadas), a partir de estos niveles de acuerdo a lo establecido en la imagen que reportan los Perfiles, dado que el incremento de la resistencia de este nivel estaría supeditado al diseño de la zapata.

5.3.3. Secciones Geosísmicas de los Estratos.

En la lámina donde se representa la sección geosismica, se puede interpretar lo siguiente:

- La capa de velocidad moderada de las ondas elásticas "Vp", de 300 a 396m, presenta elevada a moderada permeabilidad y baja a moderada compactación, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 0.10m, y 3.16m,, el menor grosor de esta capa constituyen los niveles inferiores de materiales que en cierto modo deberían ser removidos.

- La capa de velocidad de ondas elásticas "Vp" intermedia hasta 996m/s, presenta moderada a baja permeabilidad y alta a moderada compacidad, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 10.81m, y 15.57m, en este nivel es factible proyectar los niveles de cimentación de los estribos de las estructuras proyectadas, lo cual puede ser establecido en función al diseño adecuado de los cimientos proyectados.

- La capa de velocidad de ondas elásticas "Vp" elevada hasta 2000m/s, presenta baja permeabilidad y alta compacidad, sus espesores varían a lo largo de la sección entre los 8.61 a 13.07m,

- El estrato ó el techo del basamento relativamente conservado presenta un relieve horizontal a sub horizontal con aparentes estructuras onduladas que posiblemente definen superficies de terrazas ó aparentes niveles de meteorización ó alteración de rocas sedimentarias específicamente en el caso del área de proyecto.

6.0 Conclusiones Finales

- El Estudio Geofísico, elaborado en base al Método de Refraccion Sismica para aplicarlos a la zona de Construcción de los Pontones y Sector Crítico, ubicado en la Provincia de Huamachuco, específicamente en la Carretera: Huamachuco – Sausacocha - Puente Pallar, Departamento de La Libertad, se han realizado ensayos de Refracción Sísmica con el fin de establecer los perfiles geo - sísmicos del terreno de fundación del área de estudio. Los ensayos consistieron en la medición de la velocidad de propagación de las ondas **"P"**, para determinar el perfil sísmico estratigráfico del terreno, en el área de estudio se realizaron en total 1500.00ml. de ensayos de Refraccion Sísmica distribuidos en veinte (20) líneas, cada una de ellas convenientemente distribuidas en el área de estudios.

- La longitud de las líneas geo - sísmicas fueron establecidas en función a los objetivos del presente estudio, que fue determinar la estratigrafía del terreno. Dado que la profundidad de exploración se encuentra directamente relacionada con la longitud de las líneas geofísicas, se realizaron los ensayos de Refracción Sísmica con una longitud establecida de 75m, para obtener los perfiles sísmicos con las velocidades de ondas P (Vp), con la cual se logro explorar profundidades del orden de 25.00 a 30.00m.

- Del mismo modo, dejar establecido que los métodos Geofísicos, corresponden a ensayos indirectos, basados en la emisión y recepción de ondas acústicas y que tiene un grado de aproximación aceptable, sin embargo este grado de aproximación de las características de los estratos reportados, debe ser corroborado mediante prospecciones directas: perforaciones con diamantina, calicatas, etc.

- Por otra parte indicar, que la aplicación del presente ensayo corresponde al sector específico determinado en los planos.

7.0. Parámetros Dinámicos del Terreno

Las técnicas sísmicas permiten obtener la velocidad de propagación de las ondas sísmicas P (primarias) y de las ondas sísmicas S (secundarias), mediante correlaciones empíricas.
Con estos valores de velocidad de propagación de las ondas P y S (Vp y Vs) a través del terreno, es posible calcular el Coeficiente de Poisson dinámico, el Módulo de Elasticidad Dinámico Ed, el Módulo de Corte Dinámico Gd, y el Módulo Volumétrico Dinámico Kd de los macizos rocosos, en la aplicación de diversas ecuaciones de correlación empíricas, se estimara los parámetros solicitados, a partir de las velocidades de ondas P, obtenidas del presente ensayo de Refracción Sismica.

Velocidad de Corte: Las ondas **secundarias o "S"** son ondas en las cuales el desplazamiento es transversal a la dirección de propagación. Su velocidad es proporcionalmente menor que la velocidad de las ondas primarias **"P"**. Por lo que aparecen en el terreno posterior a las primeras ondas. Estas ondas son las que generan las oscilaciones durante el movimiento propiamente tal.

La velocidad de propagación de las ondas **"S"** en medios isótropos y homogéneos depende del módulo de corte **"µ"** y de la densidad **"ρ",** del material siendo su relación:.

$$v_s = \sqrt{\frac{\mu}{\rho}}$$

Módulo de Poisson: Es una constante elástica que proporciona una medida del estrechamiento de sección de una partícula de material elástico lineal e isótropo cuando se estira longitudinalmente y se adelgaza en las direcciones perpendiculares a la de estiramiento.

Si se toma un prisma mecánico fabricado en el material cuyo coeficiente de Poisson pretendemos medir y se somete este prisma a una fuerza de tracción aplicada sobre sus bases superior e inferior, el coeficiente de Poisson se puede medir como: la razón entre el alargamiento longitudinal

producido divido por el acortamiento de una longitud situada en un plano perpendicular a la dirección de la carga aplicada. Este valor coincide igualmente con el cociente de deformaciones, de hecho la fórmula usual para el Coeficiente de Poisson es:

$$\nu = \frac{\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}{2.\left(\frac{V_p}{V_s}\right)^2 - 2}$$

$$\nu = -\frac{\epsilon_{lat}}{\epsilon_{long}}$$ ó

Módulo de Corte y Volumétrico: La aplicación de estos parámetros en la mecánica de suelos suele trabajarse con otros dos parámetros elásticos, el módulo volumétrico ***"K"*** y el módulo de corte **"G"**, que dividen las deformaciones elásticas o recuperables en una parte volumétrica (cambio de volumen manteniendo la forma) y en una parte distorsional (cambio de forma manteniendo el volumen), respectivamente. Ambos pueden obtenerse a partir de los valores de **"E"** (Modulo de Young) y **"ν"** (Velocidad) tal como se expone a continuación.

$$K_d = \frac{E_d}{3.(1-2\nu)}$$

$$G_d = \gamma . V_s^2$$

Módulo de Young: El módulo de elasticidad o módulo de Young es el parámetro que caracteriza el comportamiento de un material elástico, en función a la dirección en la que se aplica una fuerza. Para un material elástico lineal e isótropo, el módulo de Young tiene el mismo valor para una tracción que para una compresión, siendo una constante independiente del esfuerzo siempre que no exceda de un valor máximo denominado límite elástico, y es siempre mayor que cero: si se tracciona una barra, aumenta de longitud, no disminuye. Este comportamiento fue observado y estudiado por el científico inglés Thomas Young.

Tanto el módulo de Young como el límite elástico son distintos para los diversos materiales. El módulo de elasticidad es una constante elástica que, al igual que el límite elástico, puede encontrarse empíricamente con base al ensayo de tracción del material.

Como se ha explicado para un material elástico lineal el módulo de elasticidad longitudinal es una constante (para valores de tensión dentro del rango de reversibilidad completa de deformaciones). En este caso su valor se define mediante el coeficiente de la tensión y de la deformación que aparecen en una barra recta estirada que esté fabricada en el material para el cual pretendemos estimar el módulo de elasticidad de la siguiente manera:

$$E = \frac{\sigma}{\epsilon} = \frac{F/S}{\Delta L/L}$$